

Mentioned in the  
Search report



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**  
**DE 44 35 043 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 J 37/12**

②1 Aktenzeichen: P 44 35 043.0  
②2 Anmeldetag: 30. 9. 94  
④3 Offenlegungstag: 4. 4. 96

DE 44 35 043 A 1

⑦1 Anmelder:  
Deutsche Telekom AG, 53175 Bonn, DE

⑦2 Erfinder:  
Koops, Hans W. P., Dr., 64372 Ober-Ramstadt, DE

⑤4 Elektrostatische Miniaturlinse

⑤7 Bei einer elektrostatischen Miniaturlinse mit in mehreren Ebenen liegenden elektrostatischen Blenden bestehen die Blenden aus leitfähigen Deponatstrukturen, die mit Hilfe von korpuskularstrahl-induzierter Depositions-Lithographie auf in Planartechnik lithographisch auf einem isolierenden Substrat erzeugten Spannungszuführungen aufgebaut sind.

DE 44 35 043 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 96 602 014/243

9/28

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrostatische Miniaturlinse mit in mehreren Ebenen liegenden elektrostatischen Blenden.

Bekannte elektrostatische Miniaturlinsen sind aus runden Öffnungen in Metallplatten (Blenden) mit dazwischenliegenden Isolatoren aufgebaut. Derartige bekannte Linsen sind beispielsweise in dem Buch W. Glaser, "Grundlagen der Elektronenoptik", Springer Verlag Wien, 1952 beschrieben. Anwendungen derartiger Miniaturlinsen finden sich in der Mikroelektronik beispielsweise als Immersionslinse in Elektronenstrahlquellen-Bausteinen und Elektronenröhren.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, kleinste Linsen vorzuschlagen, die mit großer Genauigkeit reproduzierbar hergestellt werden können, wobei deren Abmessungen und Eigenschaften im einzelnen an den jeweils vorgesehenen Verwendungszweck angepaßt sind.

Diese Aufgabe wird bei der erfindungsgemäßen Miniaturlinse dadurch gelöst, daß die Blenden aus leitfähigen Deponatstrukturen bestehen, die mit Hilfe von korpuskularstrahl-induzierter Depositions-Lithographie auf in Planartechnik lithographisch auf einem isolierenden Substrat erzeugten Spannungszuführungen aufgebaut sind.

Durch die Herstellung der Blenden durch korpuskularstrahl-induzierter Depositions-Lithographie sind äußerst kleine Abmessungen bei großer Genauigkeit erzielbar. Diese Technik wurde erst in jüngster Zeit bekannt und ist beim Aufbau von Spitzen für Rastersondenmikroskope und zur Charakterisierung von Lithographie-Systemen sowie zur Strukturierung von Oberflächen entwickelt und eingesetzt worden. Eine Beschreibung dieser Technik wurde unter anderem vorgenommen von H.W.P. Koops, R. Weiel, D.P.Kern, T.H. Baum in J. Va. Sci. Technol. B6 (1) 1988, 477).

An die Leitfähigkeit der Blenden sind keine allzu großen Ansprüche zu stellen, da diese lediglich auf eine geeignete Spannung, beispielsweise 30 V, aufzuladen sind, ohne daß ein Strom fließt. Es sind daher halbleitende Werkstoffe verwendbar. Mit Edelmetallen, beispielsweise Gold oder Platin, die in eine Kohlenstoffmatrix eingelagert sind, wurden gute Ergebnisse bezüglich der Deposition bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Miniaturlinse als auch bezüglich der Leitfähigkeit an der fertigen Linse erzielt. Anstelle des Edelmetalls kann jedoch auch Kupferdioxid verwendet werden. Die erfindungsgemäße Miniaturlinse kann mit äußerst geringen Abmessungen, von beispielsweise 1 µm Kantenlänge und 100 nm Durchmesser der einzelnen Poldrähte, hergestellt werden.

Obwohl grundsätzlich auch durch korpuskularstrahl-induzierte Depositions-Lithographie plattenförmige Körper herstellbar sind, ist bei der erfindungsgemäßen Miniaturlinse vorzugsweise vorgesehen, daß die leitfähigen Deponatstrukturen drahtförmig sind. Mit dieser Weiterbildung der Erfindung wird Zeit und Material bei der Herstellung der Deponatstrukturen erspart, während die gewünschten elektronenoptischen Eigenschaften gewährleistet bleiben.

Bei der erfindungsgemäßen Miniaturlinse kann vorgesehen sein, daß die Blenden kreisförmig oder polygonförmig sind. Bei letzterem hat sich herausgestellt, daß die Abweichung von der Kreisform keinen negativen Einfluß auf den mittleren Bereich der Blende und damit auf den Strahl hat.

Eine andere Weiterbildung der erfindungsgemäßen Miniaturlinse besteht darin, daß mindestens eine der Blenden aus mehreren nahe beieinanderstehenden stabförmigen Elektroden besteht, die voneinander isoliert sind und jeweils mechanisch und elektrisch mit einer Spannungszuführung in Verbindung stehen.

Diese Weiterbildung hat den Vorteil, daß lediglich stabförmige Elektroden aufzubauen sind. Außerdem können die stabförmigen Elektroden mit voneinander abweichenden Spannungen beaufschlagt werden. Dadurch können je nach Anzahl der stabförmigen Elektroden und Potentialunterschieden dazwischen Dipole, Hexapole und Oktupole realisiert werden, womit beispielsweise Linsenfehler korrigiert, Strahlablenkungen und andere Beeinflussungen des Elektronenstrahls vorgenommen werden können.

Bei dieser Weiterbildung kann vorgesehen sein, daß sich die stabförmigen Elektroden im wesentlichen in der jeweiligen Ebene erstrecken. Dadurch wird — abgesehen von der Möglichkeit, den Elektroden unterschiedliche Spannungen zuzuführen — ein Verhalten der Blende bzw. der Miniaturlinse erzielt, das sich demjenigen von Blenden in dünnen Metallplatten annähert. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, daß sich die stabförmigen Elektroden im wesentlichen parallel zur Achse der Linse erstrecken.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung dieser Weiterbildung besteht darin, daß mindestens zwei sich einander gegenüberstehende stabförmige Elektroden mit getrennten Spannungszuführungen versehen sind. Werden an diese Spannungszuführungen Spannungen verschiedener Höhe gelegt, ist eine Ablenkung des Elektronenstrahls in einfacher Weise möglich. Dieses kann beispielsweise zur Bildung von mikroelektronischen Umschaltelementen genutzt werden.

Bei einer anderen Weiterbildung der erfindungsgemäßen Miniaturlinse ist vorgesehen, daß die Blenden zweier eine weitere Ebene einschließenden Ebenen eine gemeinsame Spannungszuführung aufweisen. Diese Weiterbildung eignet sich insbesondere zur Bildung einer Sammellinse mit vorzugsweise drei Ebenen dadurch, daß an die Blenden der äußeren Ebenen Umgebungspotential und an die Blende der mittleren Ebene eine davon abweichende Spannung angelegt wird. Die erfindungsgemäße Miniaturlinse kann jedoch auch als Immersionslinse betrieben werden. Dazu wird die Blende der einen äußeren Ebene auf Umgebungspotential, vorzugsweise Massepotential, gelegt während die beiden anderen Blenden mit Spannungen beaufschlagt werden, die sich nur wenig voneinander unterscheiden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel mit einer vierzähligen Näherung für ein Rundlinsenfeld,

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel mit einer dreizähligen Näherung für ein Rundlinsenfeld,

Fig. 3 eine Immersionslinse mit vierzähliger Näherung,

Fig. 4 eine Immersionslinse mit dreizähliger Näherung,

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel, bei welchem die Blende in der mittleren Ebene von einzelnen gegeneinander isolierten stabförmigen Deponatstrukturen gebildet wird und eine vierzählige Näherung vorgesehen ist,

Fig. 6 ein ähnliches Ausführungsbeispiel mit dreizähliger Näherung,

Fig. 7 eine Blende mit achteckigen Feldgrenzen,  
 Fig. 8 eine Blende mit sechseckigen Feldgrenzen,  
 Fig. 9 eine weitere Blende mit achteckigen Feldgrenzen und vollständiger Beeinflussbarkeit der Multipolkomponenten und

Fig. 10 eine Miniaturlinse mit einer mittleren Blende mit achteckigen Feldgrenzen und zwei quadratischen Blenden.

Gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 sind drei Blenden 1, 2, 3 vorgesehen, die jeweils aus drei stabförmigen Teilen — im folgenden auch Poldrähte genannt — und je einem Teil je einer Spannungszuführung 4, 5, 6 bestehen. Die Spannungszuführungen sind planare Strukturen auf einem lediglich angedeuteten Substrat 7, wobei die Spannungszuführungen 4, 6 zu einem Anschluß 8 für Massepotential zusammengefaßt sind, während die Spannungszuführung 5 einen eigenen Anschluß 9 aufweist.

Durch eine gestrichelte Linie 10 ist die Achse des durch die Linse hindurchtretenden Elektronenstrahls angedeutet.

Eine der in Fig. 1 dargestellten ähnliche Linse zeigt Fig. 2, wobei die Blenden 1', 2', 3' jeweils aus drei Poldrähten bestehen. Aus in den Fig. 1 und 2 ferner gezeigten schematischen Darstellungen der Potentiallinien ist ersichtlich, daß im Bereich des Elektronenstrahls die Potentiallinien die zur Verzeichnungsfreiheit der Linse erforderliche Kreisform aufweisen.

Die Fig. 3 und 4 zeigen Linsen, die bezüglich ihrer Struktur denjenigen nach den Fig. 1 und 2 gleichen. Die Spannungszuführungen 4, 5, 6 sind allerdings mit getrennten Anschlüssen 8, 9, 9' versehen. Dadurch kann die Blende 3 auf Massepotential gelegt werden, während die Blenden 9 und 9' eine untereinander ähnliche jedoch von Masse abweichende Spannung erhalten, wodurch die dargestellte Linse als Immersionslinse wirkt.

Gegenüber den in den Fig. 1 und 2 dargestellten Miniaturlinsen besteht bei den Miniaturlinsen nach den Fig. 5 und 6 die mittlere Blende aus mehreren gegeneinander isolierten Poldrähten. Die mittlere Blende der Miniaturlinse nach Fig. 5 wird von drei Poldrähten 11, 12, 13 gebildet, die auf je einer Spannungszuführung 14, 15, 16 aufgebaut sind. Eine weitere Spannungszuführung 17 dient als vierter Poldraht. Ein zur Halterung des Poldrahts 11 erforderlicher Draht 18 ist gegenüber dem Poldraht 13 weiter von der Achse 10 entfernt, so daß die Wirkung der Ladung des Drahts 18 gegenüber der Wirkung derjenigen des Poldrahtes 13 auf den Strahl zurücktritt.

In entsprechender Weise sind bei der Miniaturlinse nach Fig. 6 zwei Poldrähte 21, 22 auf Spannungszuführungen 23, 24 aufgebaut, während eine dritte Spannungszuführung 25 gleichzeitig als dritter Poldraht dient.

Die Fig. 7 und 8 zeigen jeweils eine Blende mit acht- bzw. sechseckigen Feldgrenzen. Bei der Blende nach Fig. 7 sind zwei senkrecht verlaufende Poldrähte 31, 32 auf je einer Zuleitung 33, 34 aufgebracht. Eine Begrenzung des Feldes nach unten und oben wird durch eine Spannungszuführung 35 und einen Poldraht 36 bewirkt, der von zwei Drähten 37, 38 auf dem Substrat gehalten wird und zusätzlich leitend über den Draht 38 mit einer Spannungszuführung 39 verbunden ist. Im Winkel von 45° sind weitere Feldgrenzen in Form von Poldrähten 40, 41, 42, 43 auf weiteren Spannungszuführungen 44, 45, 46, 47 angeordnet.

Bei der Miniaturlinse nach Fig. 8 werden die Feldgrenzen von Poldrähten 51, 52, 53, 54, 55 und einer Spannungszuführung 56 gebildet. Die Poldrähte 51, 52, 54, 55 sind in einem Winkel von 60° auf Spannungszuführungen 57, 58, 59, 60 angeordnet, während der Poldraht 53 von Drähten 61, 62 gehalten wird, von denen der letztere auf einer Spannungszuführung 63 Kontakt findet.

Die in Fig. 9a dargestellte Blende ist ähnlich wie die Blende nach Fig. 7 aufgebaut. Der Poldraht 36 wird allerdings bei diesem Ausführungsbeispiel nur von einem Draht 38 gehalten. Für viele Anwendungsfälle, insbesondere solchen mit kleinen Potentialdifferenzen zwischen den einzelnen Poldrähten, ist eine solche einseitige Halterung stabil genug.

Fig. 9b stellt schematisch die Wirkrichtung der tangentialen Poldrähte dar, die das Linsenfeld aufbauen, wobei die Bezeichnungen entsprechend den Spannungszuführungen in Fig. 9a gewählt wurden. Legt man an alle Spannungszuführungen eine gleiche Spannung an, so entsteht ein Rundlinsenfeld. Weicht man bei zwei gegenüberliegenden Poldrähten in verschiedenen Richtungen von der Spannung an den übrigen Poldrähten ab, entsteht ein Dipol mit einem Ablenk- bzw. Zentrierfeld. Ferner ist durch Anlegen geeigneter Spannungen die Bildung eines Quadrupolfeldes und eines Oktupolfeldes sowie eine Mischung der verschiedenen Feldformen möglich. Mit einem Quadrupolfeld können beispielsweise Astigmatismusfehler des Strahls kompensiert werden, während mit einem Oktupolfeld Öffnungsfehler beeinflusst werden können.

Fig. 10 zeigt eine Linse, deren mittlere Ebene entsprechend Fig. 8 aufgebaut ist und deren äußeren Ebenen jeweils aus einer quadratischen Blende bestehen.

#### Patentansprüche

1. Elektrostatische Miniaturlinse mit in mehreren Ebenen liegenden elektrostatistischen Blenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Blenden aus leitfähigen Deponatstrukturen (1, 2, 3, 1', 2', 3') bestehen, die mit Hilfe von korpuskularstrahl-induzierter Depositions-Lithographie auf in Planartechnik lithographisch auf einem isolierenden Substrat erzeugten Spannungszuführungen (4, 5, 6) aufgebaut sind.
2. Miniaturlinse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die leitfähigen Deponatstrukturen (1, 2, 3, 1', 2', 3') drahtförmig sind.
3. Miniaturlinse nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Blenden kreisförmig sind.
4. Miniaturlinse nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Blenden (1, 2, 3, 1', 2', 3') polygonförmig sind.
5. Miniaturlinse nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Blenden aus mehreren nahe beieinanderstehenden stabförmigen Elektroden (11, 12, 13, 21, 22, 31, 32, 36, 40, 41, 42, 43, 51, 52, 53, 54, 55) besteht, die voneinander isoliert sind und jeweils mechanisch und elektrisch mit einer Spannungszuführung in Verbindung stehen.
6. Miniaturlinse nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sich die stabförmigen Elektroden (11, 12, 13, 21, 22, 31, 32, 36, 40, 41, 42, 43, 51, 52, 53, 54, 55) im wesentlichen in der jeweiligen Ebene erstrecken.
7. Miniaturlinse nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sich die stabförmigen Elektroden im wesentlichen parallel zur Achse der Linse erstrecken.

ken.

8. Miniaturlinse nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei sich einander gegenüberstehende stabförmige Elektroden (31, 32) mit getrennten Spannungszuführungen (33, 34) versehen sind. 5

9. Miniaturlinse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Blenden (1, 3, 1', 3') zweier eine weitere Ebene einschließenden Ebenen eine gemeinsame Spannungszuführung (8) aufweisen. 10

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

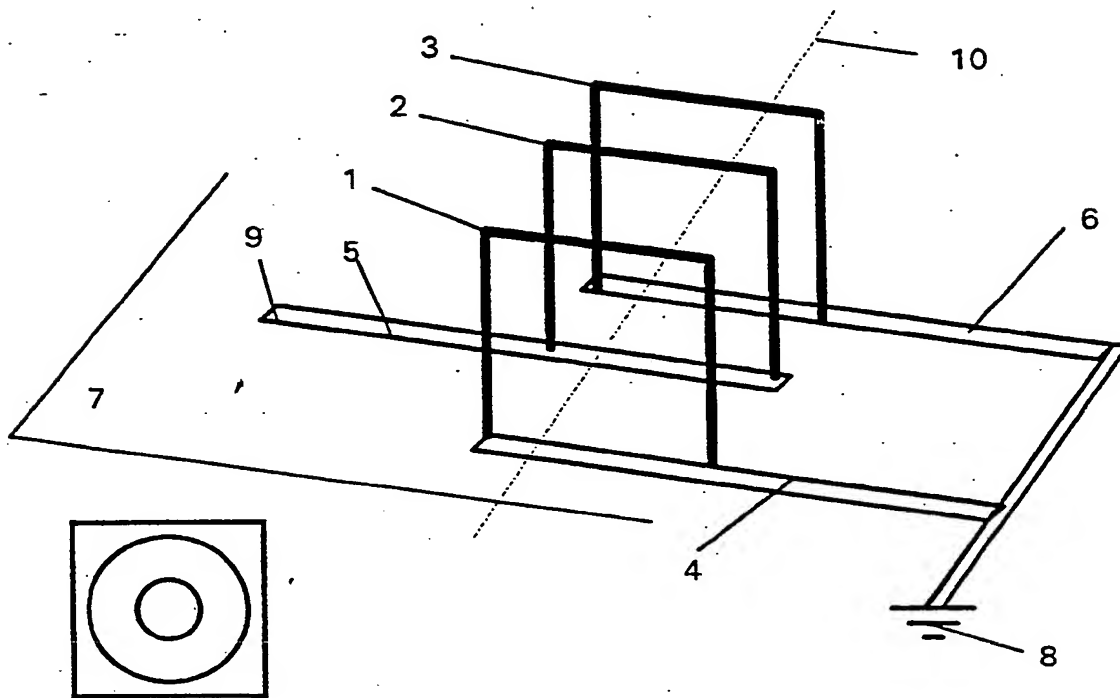
50

55

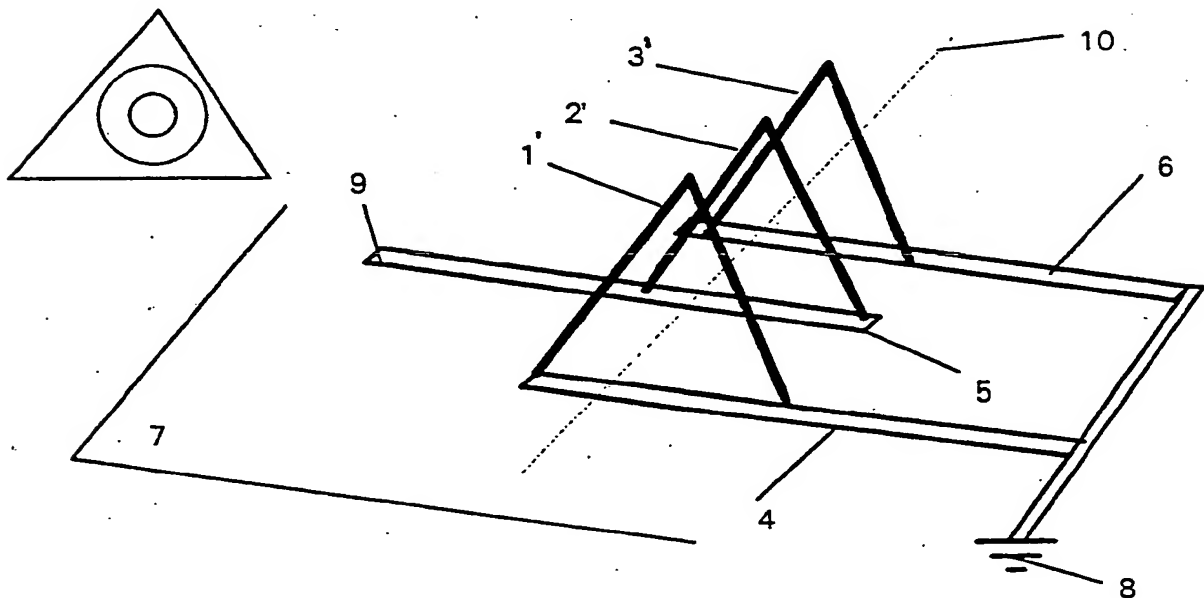
60

65

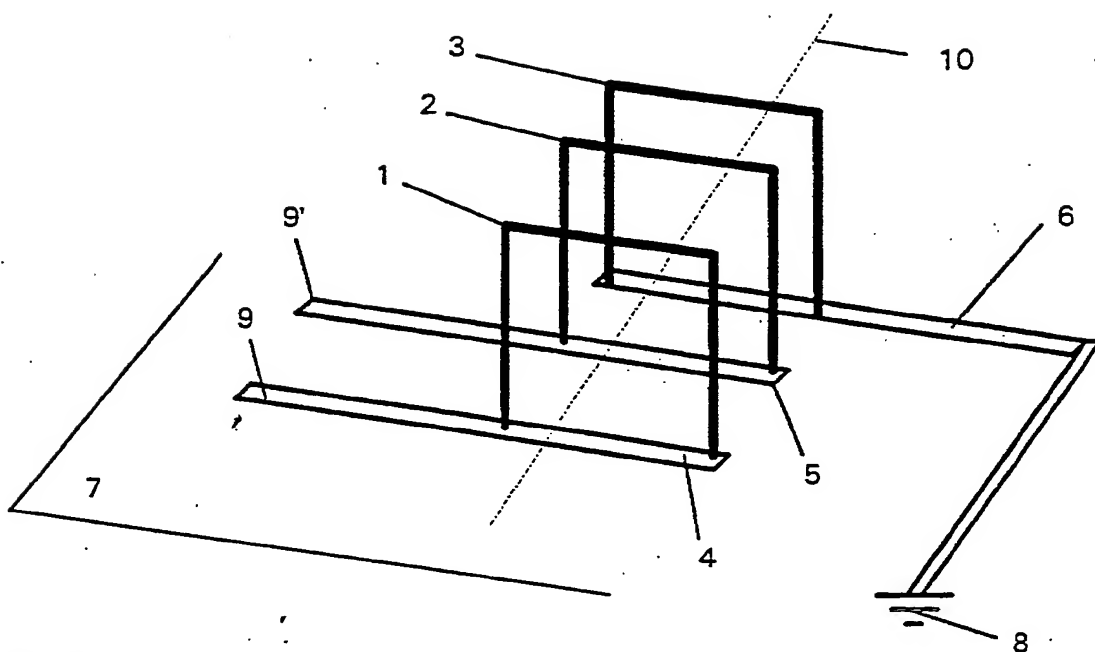
Zeichnungen Elektrostatische Mikrolinse



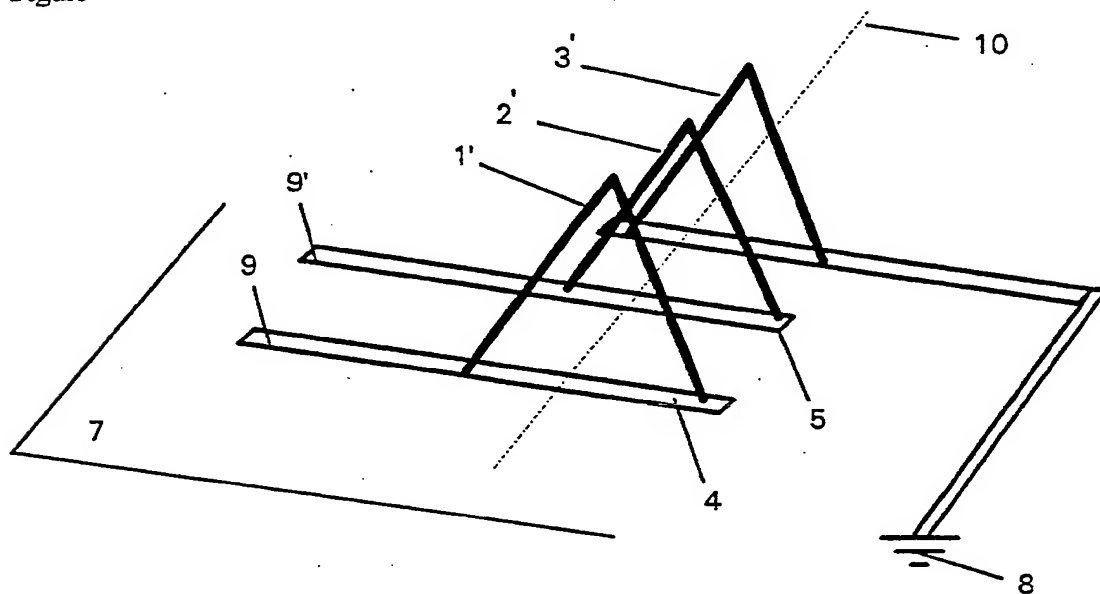
Figur 1



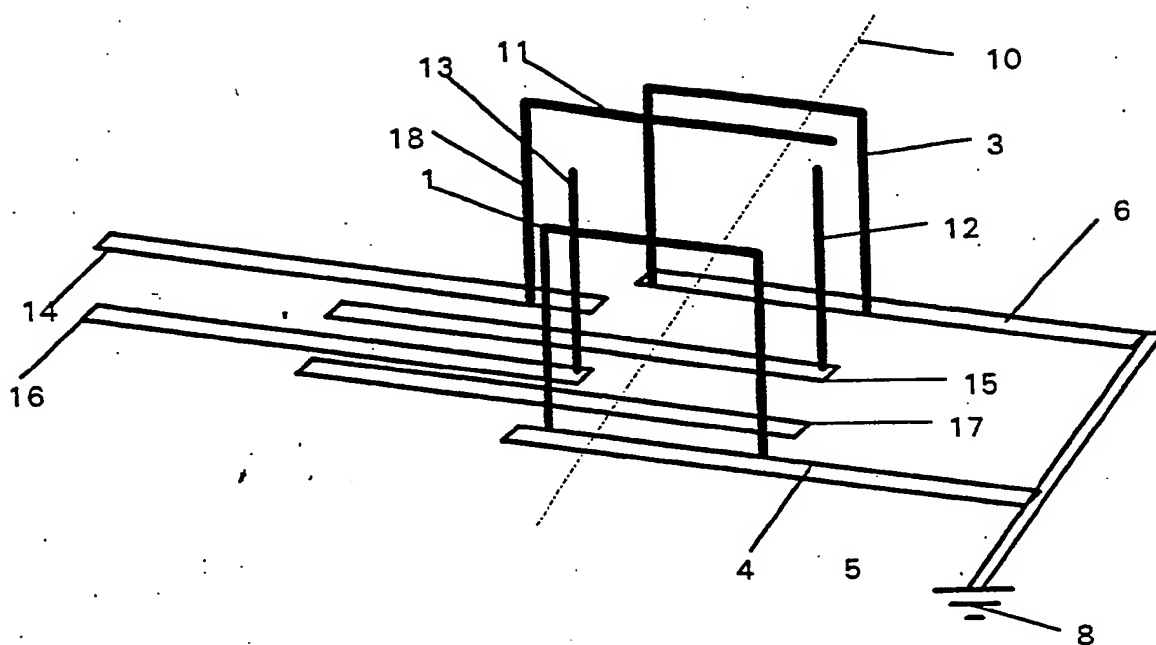
Figur 2



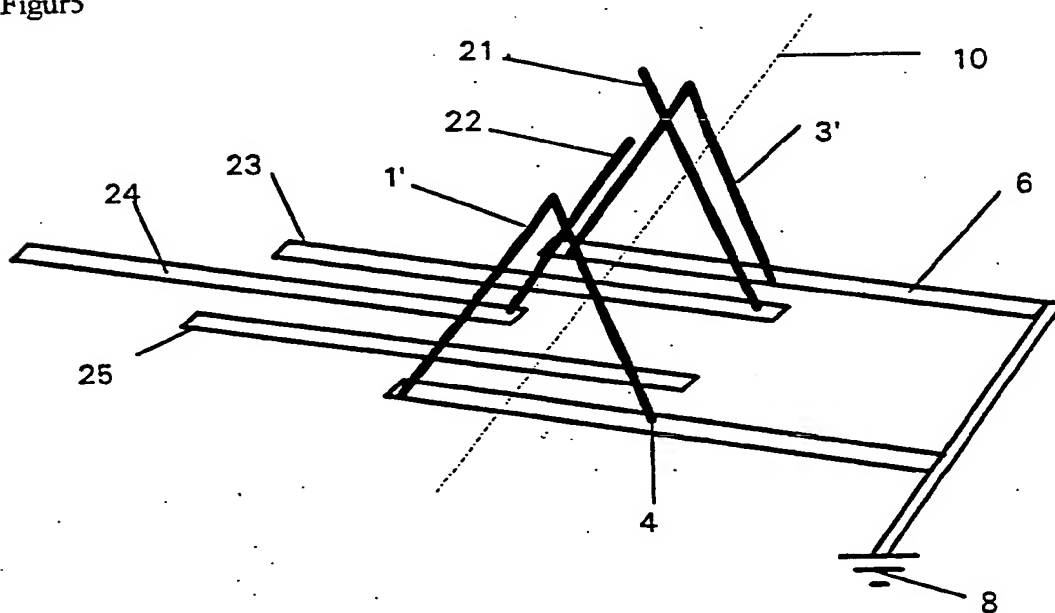
Figur 3



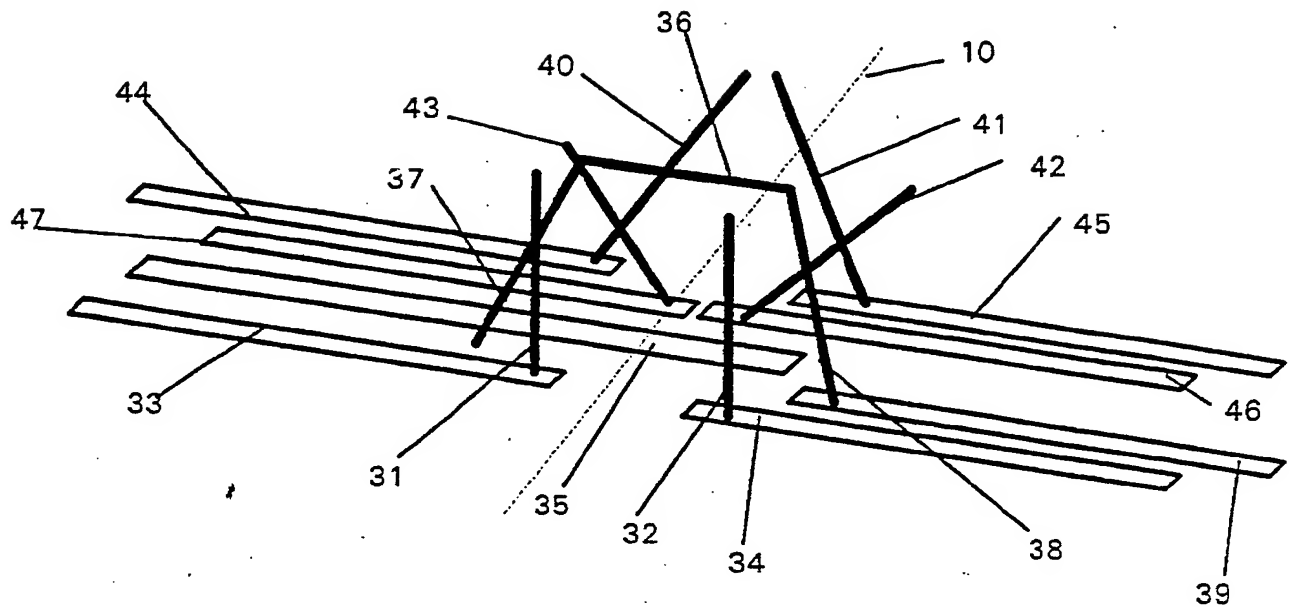
Figur 4



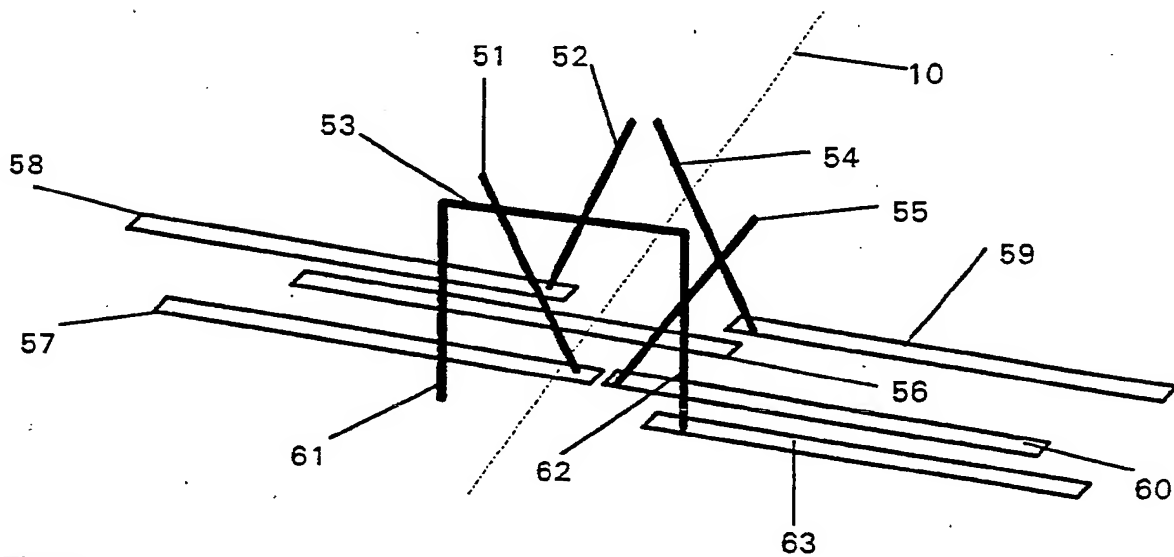
Figur 5



Figur 6

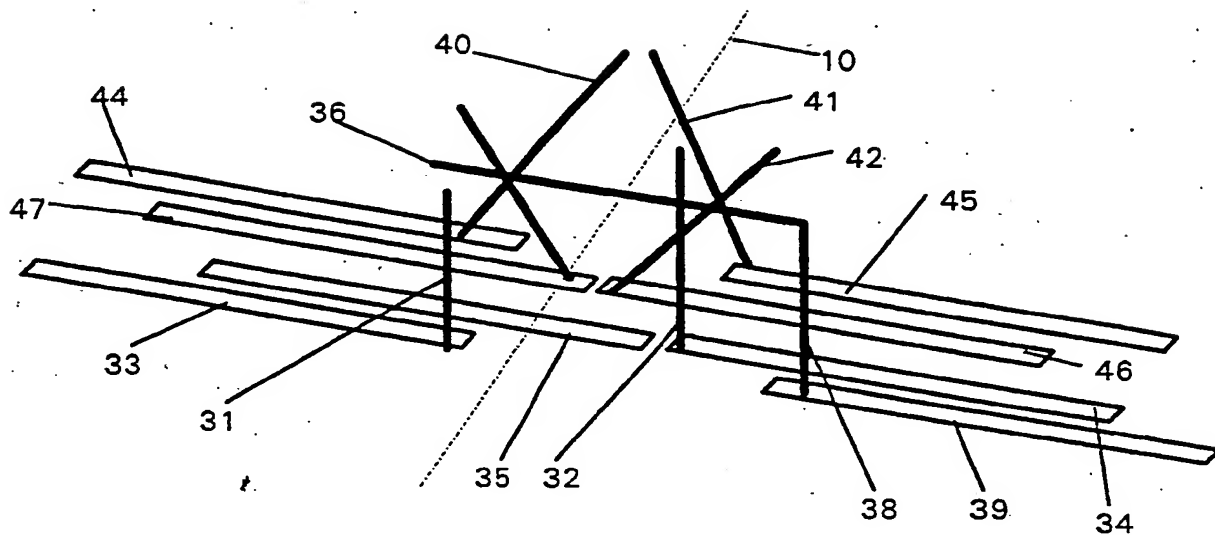


Figur 7

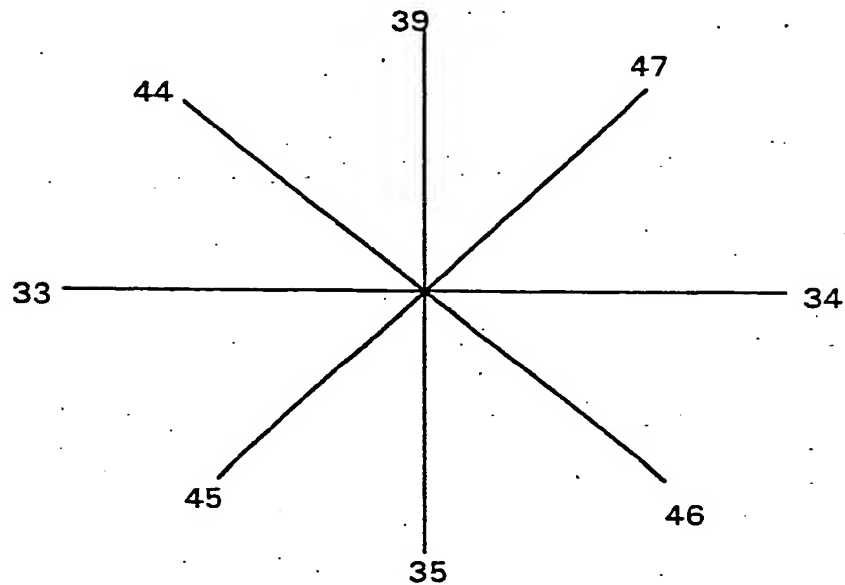


Figur 8

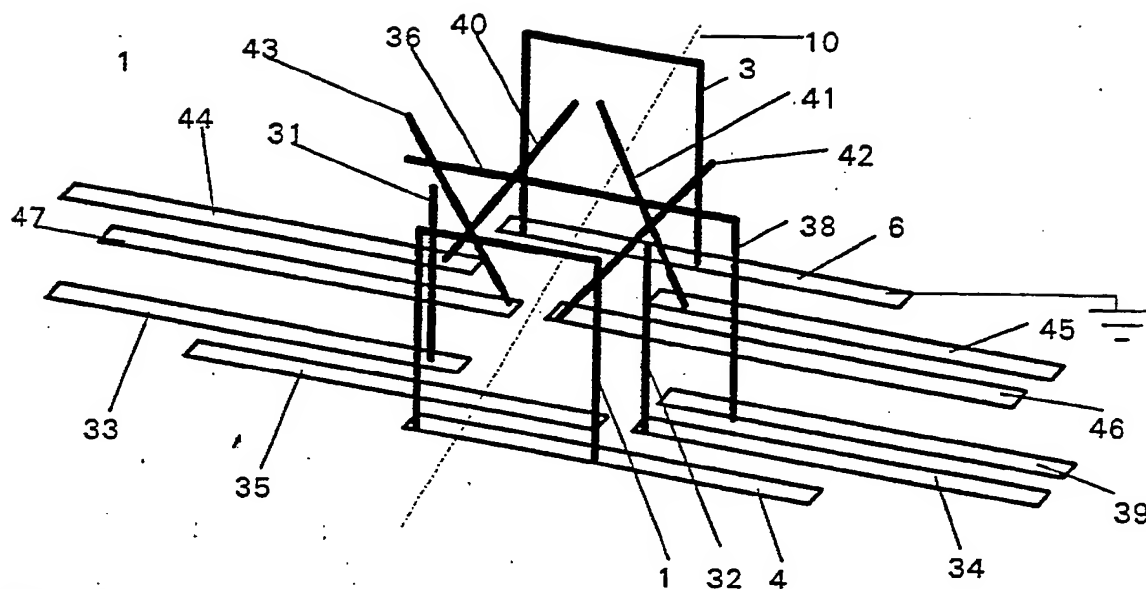




Figur 9a



Figur 9b



Figur 10